

МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ЧУТЛИВОСТІ СХЕМНИХ ФУНКЦІЙ

Артеменко Д. С., Тарабаров С. Б., к.т.н., доц.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна*

При проектуванні радіоелектронної апаратури обов'язковим є визначення структури та параметрів компонентів схеми електричної принципової, її характеристик, котрі відповідали б вимогам технічного завдання. Одним із найважливіших критеріїв проектування РЕА є забезпечення стабільності її роботи, що безпосередньо пов'язане з чутливістю схемних функцій.

Чутливістю називається реакція різних пристроїв на зміну параметрів її компонентів.

Коефіцієнт чутливості являє собою кількісну оцінку зміни вихідних параметрів пристрою при заданій зміні параметрів його компонентів.

Необхідність розрахунку чутливості схемної функції виникає при розрахунку впливу на характеристики електронних пристроїв відхилень параметрів компонентів, а також факторів навколишнього середовища (температури, вологості, радіації тощо).

Чутливість схемної функції дозволяє оцінити відхилення останньої від номінального значення, дозволяє визначити компоненти, що мають підвищений вплив на характеристики, виконати розрахунок допусків на параметри компонентів, корисна при використанні градієнтних методів для оптимізації РЕА тощо.

Схемні функції F в частотній області носять комплексний характер. При проектуванні РЕА досить часто інтерес представляє їх модуль. Розрахунок чутливості $S_x^{|F|} = \frac{x}{|F|} \cdot \frac{\partial |F|}{\partial x}$ модуля схемної функції по параметру x деякого компонента схеми ґрунтується на розрахунку частинної похідної $\frac{\partial |F|}{\partial x}$, що можна виконати різними методами.

Впровадження сучасних методів розрахунку чутливості схемних функцій в сучасні комп'ютерні середовища може значно поліпшити результати проектування, наприклад, інтегрувавши дані методи, вже не виникає потреби застосовувати потужні й дорогі версії оптимізаторів. Це може призвести до суттєвого зменшення вартості програмного продукту та значного підвищення його ефективності. Досліджувані методи можуть дозволити зробити розрахунки чутливості більш ефективними в плані підвищення точності та зменшення часу моделювання.

Аналітичний метод дозволяє виконати диференціювання схемної функції без методичної похибки, але не може бути використаний, коли схемна функція занадто складна або не задана аналітично. Універсальним методом

диференціювання функцій є класичний метод кінцевих прирощень. Він придатний для диференціювання яких-завгодно функцій, в тому числі і схемних, але при цьому результат може мати суттєву методичну похибку, яку важко контролювати. Врахування особливостей побудови схемної функції дозволяє зменшити і навіть усунути методичну похибку. Дослідження різних методів (аналітичний, класичний метод кінцевих прирощень, модифікований метод кінцевих прирощень, метод перебору індексів) розрахунку чутливостей дозволить вибрати найкращий з них для розрахунку чутливості.

Для підвищення точності розрахунку та мінімізації методичної похибки, нижче наведено приклад розрахунку чутливості модуля коефіцієнта передачі напруги аналітичним методом. Даний метод обумовлює розрахунок похідної модуля схемної функції, якщо останній задано аналітично.

Аналітичним методом легко описати будь-яку схемну функцію, оптимізувати розрахунок та мінімізувати час на його виконання.

Алгоритм розрахунку чутливості модуля схемної функції за аналітичним методом розглянуто на прикладі *RC*-дільника (рис.1)

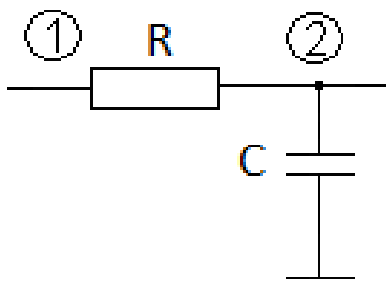


Рисунок1 Схема *RC*-дільника.

Для прикладу проведемо аналітичний розрахунок чутливості модуля $|K_{21}|$ коефіцієнта передачі напруги *RC*-дільника у другий вузол із першого по провідності g резистора при $g = C = 1$; $\omega = 1$.

Символьна матриця моделі *RC*-дільника має вигляд $Y =$

g	$-g$
$-g$	$g + j\omega C$

Комплексний коефіцієнт передачі дільника та його модуль для заданих параметрів компонентів:

$$K_{21} = \frac{g}{g + j\omega C}; \quad |K_{21}| = \frac{g}{\sqrt{g^2 + (\omega C)^2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \quad (1)$$

де g — провідність резистора R ,
 ω — частота.

Похідна модуля коефіцієнта передачі по параметру g складатиме:

$$|K_{21}|'_g = \frac{g'_g \cdot \sqrt{g^2 + (\omega C)^2} - g \cdot \left(\sqrt{g^2 + (\omega C)^2} \right)'_g}{g^2 + (\omega C)^2} = \frac{\sqrt{2}}{4} \quad (2)$$

Тоді, значення чутливості модуля коефіцієнта передачі до зміни параметра g становитиме:

$$S_g^{|K_{21}|} = \frac{g}{|K_{21}|} \cdot \frac{\partial |K_{21}|}{\partial g} = \frac{1}{2}. \quad (3)$$

Отже, з результатів розрахунку видно, що при збільшенні параметра g на 2% модуль коефіцієнта передачі дільника збільшиться на 1%. З цього можна зробити висновок, що при правильному розрахунку параметрів компонентів можна досягти оптимальних характеристик схеми при проектуванні радіоелектронної апаратури.

Перелік посилань

1. Трохименко Я.К., Тарабаров С.Б. Алгоритм преобразования индексов для символьного анализа электронных схем //Изв.вузов МВ и ССЦ СССР. Радиоэлектроника. — 1986. Т. 29, №12. — с. 61-62
2. Комп'ютерне моделювання електронних схем, конструкцій та технологій електронних апаратів. Методичні рекомендації з виконання розрахунково-графічної роботи для студентів радіотехнічного факультету напрямку 6.050902 «Радіоелектронні апарати», кафедри радіо конструювання та виробництва радіоапаратури /С. Б. Тарабаров — Київ: НТУУ «КПІ». — 2012. — С. 29—38.

Анотація

Представлено результати розробки методів розрахунку функції чутливості при наявності впливу на характеристики електронних пристроїв факторів навколишнього середовища. Наведено аналітичний метод розрахунку чутливості схемної функції, який дозволяє виконати диференціювання схемної функції без методичної похибки.

Ключові слова: проектування РЕА, оптимізація, чутливість, комп'ютерне моделювання.

Аннотация

Представлены результаты разработки методов расчета функции чувствительности при наличии влияния на характеристики электронных устройств факторов окружающей среды. Приведен аналитический метод расчета чувствительности схемной функции, который позволяет выполнить дифференцирование схемной функции без методической погрешности.

Ключевые слова: проектирование РЭА, оптимизация, чувствительность, компьютерное моделирование.

Abstract

The results of the development of methods for calculating the sensitivity function in the presence influence the characteristics of electronic products environmental factors are presented. Sensitivity calculating scheme function with help analytical method, that allows you to differentiation scheme function without methodical error are presented.

Keywords: CEA design, optimization, sensitivity, computer modeling.